EXPOSITION INTERNATIONALE DE TURIN
EN 1911

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

NOTICES

SUR

LES MODÈLES, DESSINS
ET PHOTOGRAPHIES

RELATIFS

AUX TRAVAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES,

RÉUNIS DANS LA CLASSE 37,

PAR LES SOINS

DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS,
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PARIS,
28, RUE DES SAINTS-PÈRES, 28

1911

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. - b -
125

NOTICES

SUR

LES MODÈLES, DESSINS

ET PHOTOGRAPHIES

RELATIFS

AUX TRAVAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES,

RÉUNIS DANS LA CLASSE 37

PAR LES SOINS

DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS,
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

EXPOSITION INTERNATIONALE DE TURIN
EN 1911

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

NOTICES

SUR

LES MODÈLES, DESSINS
ET PHOTOGRAPHIES

RELATIFS

AUX TRAVAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES,

RÉUNIS DANS LA CLASSE 37,

PAR LES SOINS

DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS,
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

PARIS,
28, RUE DES SAINTS-PÈRES, 28

1911

PREMIÈRE SECTION

NAVIGATION INTÉRIEURE

I

BARRAGES

DE NAVIGATION INTÉRIEURE.

14 modèles.

L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées expose quelques-uns des modèles de sa collection dont l'ensemble constitue comme une exposition rétrospective du Barrage de Navigation intérieure.

Ces modèles peuvent se diviser en 4 groupes.

(*a*) Barrages a fermettes.

1. **Barrage de Bezons sur la Seine.** — Ce modèle a été exécuté par M. l'Ingénieur Poirée, inventeur du barrage à fermettes, après la construction du premier de ces ouvrages *(Barrage de Basseville sur l'Yonne)* en 1834. Comme le barrage de Basseville, cet ouvrage comporte des crapaudines accrochées à des longrines en charpente, système dont l'expérience a montré les inconvénients multiples.

2. **Barrage de la Chaînette sur l'Yonne.** — Barrage à fermettes avec crapaudines ancrées dans la maçonnerie. Ce perfectionnement date de 1855 et a été appliqué tout d'abord au *barrage de Meulan sur la Seine.*

Dans ce modèle comme dans le précédent, la bouchure est constituée par un rideau d'aiguilles en bois.

3. **Partie du barrage d'Ablon sur la Seine.** — La bouchure est constituée par des aiguilles à crochet analogues à celles que M. l'Ingénieur Guillemain avait employées pour la première fois en 1873 au *barrage de Roanne sur la Loire.*

4. **Barrage de Marly sur la Seine.** — Ce modèle de barrage à fermettes comporte la bouchure à vannes et l'emploi pour la manœuvre de ces vannes de l'appareil imaginé par l'Ingénieur Boulet et connu sous le nom de treuil-mouton (appliqué en 1875 au *barrage de Port à l'Anglais sur la Seine*).

5. **Barrage à fermettes de Suresnes sur la Seine,** avec la manœuvre continue des fermettes en éventail à l'aide d'une chaîne longitudinale s'enroulant sur un treuil placé sur la culée.

6. **Barrage de St-Mammès sur la Seine.** — La bouchure est constituée par des vannettes à galets avec roulements sur billes. Tous les éléments peuvent être manœuvrés à la main à l'aide d'une gaffe ou d'un crochet. Les vannettes à galets ont été employées pour la première fois au *barrage de Marolles sur la Seine* en 1895. On a adopté ce système pour la bouchure des Passes navigables des barrages à pont supérieur de l'Oise.

7. **Barrage de Port-Villez sur la Seine.** — La bouchure est constituée par des rideaux articulés du système

Caméré, employé pour la première fois en 1880. C'est ce système qui a été adopté pour la bouchure des barrages à pont supérieur de la Seine.

(*b*) Barrages a hausses mobiles.

8. Ce modèle est celui des **barrages exécutés en 1834 sur l'Isle** (système Thénard) dans le but de remplacer la partie supérieure des déversoirs fixes anciens par une partie mobile. Les contrehausses se relèvent automatiquement après que les verrous ont été manœuvrés par la barre à talons. Les hausses sont levées à la main à l'abri du rideau formé par les contrehausses, et l'abatage est déterminé par une deuxième barre à talons.

Ces ouvrages paraissent constituer la plus ancienne application de la barre à talons.

9. **Barrage de Port à l'Anglais sur la Seine,** avec hausses mobiles du système dû à l'Ingénieur Chanoine et dont la plus ancienne application a été faite à Damery sur la Marne en 1856.

10. **Barrage d'Ablon sur la Seine.** — Type définitif du barrage Chanoine réalisé en 1881 aux ouvrages de la Haute-Seine.

Pour la facilité des réparations et de l'entretien, le chevalet est articulé sur la hausse et la béquille est articulée sur le chevalet.

11. **Barrage de la Mulatière sur la Saône.** — Perfectionnement du barrage Chanoine imaginé par l'Ingénieur Pasqueau et appliqué en 1879. La coulisse présente une disposition qui permet l'abatage par traction prolongée de la hausse vers l'amont, et supprime la barre à talons, dont l'usage offre quelques inconvénients.

(*c*) Barrages a tambours.

12. Modèle du **barrage des déversoirs de la Marne**, construits à partir de 1856 par l'Ingénieur Louiche-Desfontaines. Les hausses sont manœuvrées par la chute, à l'aide d'aqueducs ménagés dans les deux culées. Une manœuvre unique des vannes des aqueducs permet de mettre en communication à la fois la face antérieure des contrehausses avec le bief amont et leur face postérieure avec le bief aval. La manœuvre même des vannes produit le résultat inverse.

Les hausses peuvent être munies de béquilles permettant de maintenir le rideau dans des positions intermédiaires entre la position de relevage et l'abatage ; sur le radier sont, dans ce cas, disposées des glissières traversées par des barres à coches formant heurtoirs mobiles.

Enfin, il est possible de commander les divers tambours par une série de tuyaux agissant sur un ou plusieurs éléments, suivant l'indication de M. Maurice Lévy, et de manœuvrer à volonté, 1, 2, 3... etc. vannes à la fois.

(*d*) Barrages a pont supérieur.

13. **Barrages à pont supérieur de Poses sur la Seine.** — Ce type d'ouvrage, construit en 1885, est devenu classique. Toutes les manœuvres sont exécutées aujourd'hui à l'aide de treuils électriques.

14. **Barrage de Boran sur l'Oise.** — Type récemment appliqué sur l'Oise, rivière à régime assez constant, à crues lentes, mais exposée chaque année au passage de glaces flottantes de dimensions et d'importance d'ailleurs modérées.

La fréquentation excessive de l'Oise canalisée (31.500 bateaux, 4.600.000 tonnes) ne permet pas d'exécuter des

manœuvres pouvant avoir pour résultat d'affamer les biefs au-dessous du mouillage normal.

Ces barrages des passes navigables sont constitués par des cadres métalliques bouchés par des vannettes à galets, qu'un seul homme manœuvre aisément à la main à l'aide d'une gaffe. Les cadres sont articulés, non sur le pont supérieur, mais sur une passerelle mobile placée à une hauteur suffisante au-dessus de la retenue pour que toute la manœuvre puisse se faire avant que les crues les plus rapides n'atteignent le platelage. Cette disposition réalise une économie importante sur la dépense de construction.

Les barrages des pertuis comportent des cadres analogues, mais plus robustes, bouchés par des poutrelles horizontales. Les intervalles des pièces d'acier constituant les cadres permettent de faire passer par déversement, en enlevant une ou plusieurs poutrelles, des corps flottants ou glaçons de $4^{m},00$ de longueur ou de largeur, sans abaissement sensible du niveau d'amont.

Lors même qu'une embâcle se produirait, l'ossature est assez vigoureuse pour résister à une pression locale considérable, et le déversement des glaçons par dessus les passerelles ne semblerait pas de nature à compromettre l'ouvrage.

II

BARRAGE DE TUILIÈRE

sur la Dordogne.

2 modèles.

Le Barrage de Tuilière, construit sur la Dordogne par la Société Énergie Électrique du Sud-Ouest, pour l'aménagement d'une usine hydro-électrique, est à vannes mobiles. Il est disposé perpendiculairement à l'axe de la rivière ; la retenue des eaux est à 12 mètres au-dessus de l'étiage.

La manœuvre des vannes permet de maintenir cette retenue, malgré les variations du débit de la rivière, pour des crues inférieures à 5m50 au-dessus de l'étiage. Pour livrer passage aux crues supérieures à six mètres, les vannes doivent être levées entièrement et toute retenue est alors supprimée. Ces crues importantes ne se produisent que pendant quelques jours par an ; la hauteur de certaines crues exceptionnelles peut dépasser 12 mètres.

Le barrage est constitué par des piles en maçonnerie, fondées sur le rocher, supportant un viaduc métallique à poutres droites.

Le débouché linéaire du barrage est de 77 mètres, représenté par 7 travées de 10 mètres et 1 travée de 7 mètres. Une échelle à poisson de 7 mètres de large, du type à cascades, est accolée au barrage sur la rive gauche.

Les vannes métalliques utilisées pour la fermeture des travées sont des vannes glissantes équilibrées, du système Stoney ; leur manœuvre est commandée électriquement, au moyen de treuils placés sur le viaduc.

La hauteur des vannes est de 13 mètres ; elles sont constituées par un tablier vertical en tôle, monté sur poutres à treillis horizontales ; leur course verticale est de 17m76.

Le poids d'une vanne avec ses deux contrepoids est

d'environ 180 tonnes, et la commande exige une puissance de 5 chevaux environ, la vitesse d'ascension de la vanne étant de 0,m10 par minute. Les vannes reposent sur un seuil en fonte, scellé dans le radier en béton de l'ouvrage.

Des chemins de roulement en fonte sont posés dans les rainures des piles et à l'extrémité des vannes ; l'interposition de trains de galets mobiles entre ces chemins permet d'obtenir un frottement de roulement. Le mouvement des vannes ne nécessite donc qu'une faible puissance et les manœuvres s'effectuent dans les meilleures conditions de simplicité et de sécurité.

L'usine génératrice utilisant les 24000 chevaux que représente la chute est placée dans le prolongement du barrage ; elle est équipée avec 9 groupes hydrauliques comprenant chacun une turbine double du type Francis, à axe vertical, commandant directement un alternateur d'une puissance de 1.800 kilowatts.

Une usine thermique de secours, avec turbines à vapeur, a pour but de suppléer aux insuffisances de la puissance hydraulique pendant les périodes de basses eaux et pendant les grandes crues de la Dordogne.

L'idée de la création de l'Usine de Tuilière est due à M. Claveille, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, actuellement Directeur des Chemins de fer de l'État, qui a également préparé l'avant-projet et a été chargé de la haute direction technique des travaux. Le barrage, les travaux hydrauliques et les bâtiments ont été exécutés par une entreprise générale composée des trois Maisons suivantes : *Société des grands travaux de Marseille ;* Giros et Loucheur, Ingénieurs-constructeurs ; Palaz, Ingénieur.

Une notice, due à M. Claveille, parue aux *Annales des Ponts et Chaussées* 1910 (III), a obtenu, comme prix décerné à l'auteur du meilleur mémoire publié dans les *Annales* pendant l'année 1910, la grande médaille d'or de 600 fr.

III

ASCENSEUR DES FONTINETTES

sur le canal de Neuffossé.

1 modèle.

L'ascenseur des Fontinettes, construit en 1887, est un ouvrage connu et classique sur lequel rien de nouveau n'est à dire. Il continue à fonctionner dans les meilleures conditions, avec un rendement de un bateau par 9 minutes.

Le nombre de bateaux chargés et vides passés en 1910 à l'ascenseur a été de :

8.370	bateaux chargés.
2.454	— vides
soit au total 10.824	bateaux.

Le trafic en tonnes (dans chaque sens) de cet ouvrage a été en 1910 :

à la remonte.....	750.267 T.
à la descente.....	991.821 T.
Total.....	1.742.088 T.

On a dû récemment remplacer les presse-étoupes en leur donnant un plus grand développement, pour couvrir une partie des pistons où la rouille avait déterminé des flaches occasionnant des pertes d'eau. C'est là le point faible des ascenseurs hydrauliques, ainsi qu'en témoignent les incidents survenus à l'ascenseur d'Anderton.

IV

ÉCLUSES DE GŒULZIN.

Sur le canal de la Sensée.

1 modèle, 1 panneau de dessins, 1 cadre de photographies.

Les écluses de Gœulzin ont été construites de 1903 à 1905 pour remplacer, sur le canal de la Sensée, l'écluse du versant de l'Escaut et les deux écluses du versant de la Scarpe.

Elles comportent 2 sas jumeaux se servant mutuellement de bassins d'épargne, avec une largeur de 6^{m} et 40^{m},50 de longueur utile.

Les bajoyers sont munis d'aqueducs longitudinaux avec larrons, desservis par des vannes cylindriques à double effet permettant la vidange, le remplissage et le fonctionnement des bassins d'épargne.

Les portes, mixtes, sont constituées par un vantail unique à axe de rotation vertical.

Les 4 portes et les 10 vannes cylindriques sont manœuvrées électriquement, Chaque appareil possède son moteur spécial de 5 HP pour une porte et de 3 HP pour une vanne.

L'énergie est fournie par la chute de l'écluse qui actionne une turbine hydraulique de 10 HP sur l'arbre vertical de laquelle est calée la dynamo-génératrice produisant du courant continu à 110 volts. Ce groupe hydro-électrique est installé dans une chambre intérieure du bajoyer central en sous-sol de la cabine de manœuvre placée au centre dudit bajoyer, et vitrée sur ses 4 faces.

Dans cette cabine sont disposés les appareils de commande à distance. Ces appareils sont au nombre de 14 (un par porte

et un par vanne). Chaque appareil est réuni au moteur correspondant par 4 conducteurs en cuivre posés sur poulies en porcelaine et noyés dans la maçonnerie.

L'appareil de commande comprend :

1° Un commutateur à 2 directions permettant d'envoyer le courant dans les 2 sens (ouverture ou fermeture de la porte ou de la vanne) ;

2° Un rhéostat à manette à plusieurs touches ;

3° Un disjoncteur à intensité maximum qui coupe le courant quand l'intensité dépasse un nombre d'ampères déterminé.

Quand on manœuvre une porte, au moment où le vantail bute contre les maçonneries, l'intensité croît brusquement et le courant est coupé. Si on manœuvre une vanne, le même effet se produit à la fin de l'opération, lorsque le moteur électrique doit soulever soit le poids entier du contrepoids, soit le poids entier de la vanne.

Des dispositifs spéciaux permettent d'amortir la puissance vive du moteur au moment de la rupture du courant.

Tous les appareils sont logés dans des chambres disposées dans les maçonneries et recouvertes de tôles striées. Aucun organe n'apparaît au-dessus des terre-pleins de l'écluse.

Les écluses de Gœulzin ont fonctionné sans interruption depuis leur construction. Les appareils sont manœuvrés par les anciens éclusiers du service qui ont été en quelques jours familiarisés avec les engins électriques.

Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. La Rivière, Ingénieur en chef, par M. Bourgeois, Ingénieur ordinaire.

Les entrepreneurs ont été pour: les terrassements et maçonneries, M. Culot (Adelin), à Douai ; la partie métallique et mécanique, *Société des Établissements d'Onnaing*, à Onnaing (Nord); la partie électrique, MM. Hillaire et Huguet.

V

ÉCLUSES DU CANAL SAINT-DENIS.

3 modèles.

Les nouvelles écluses du Canal St-Denis ont été construites à partir de 1884. Le groupe des écluses de tête présentait un intérêt spécial ; en vue de diminuer le nombre des biefs, on a été conduit à leur donner une chute exceptionnelle de $9^m,92$.

Ces écluses sont jumelles ; l'un des sas mesure $38^m,85$ de longueur utile et $5^m,20$ de largeur, l'autre $48^m,90$ de longueur utile et $8^m,20$ de largeur. Le terre-plein qui les sépare offre $29^m,10$ de largeur. Le mouillage sur les bords est de $3^m,50$.

En raison de la grande hauteur des bajoyers, les murs de faîte d'aval ont été réunis par un masque en maçonnerie laissant un tirant d'air de $5^m,25$.

Le bajoyer de rive a été évidé à sa partie supérieure. Au-dessus du niveau du bief d'aval, il présente en section horizontale la forme d'un viaduc voûté renversé. On a pu ainsi réduire l'épaisseur des maçonneries à la base, en reportant directement sur les terres une partie notable des pressions horizontales (disposition nécessitée par le voisinage immédiat de maisons).

Un double bassin d'épargne permet d'économiser une partie importante de l'eau des écluses.

Les portes sont formées d'un vantail unique à axe de rotation verticale. Elles sont manœuvrées mécaniquement à l'aide d'une disposition qui fonctionne dans les meilleures conditions.

L'énergie est fournie directement aux arbres et appareils de manœuvre par une turbine hydraulique mue par la chute. Cette disposition est d'ailleurs appliquée à tous les ouvrages du Canal St-Denis.

VI

LIGNE NAVIGABLE DE MONS A PARIS

ESCAUT, CANAL DE ST-QUENTIN ET RIVIÈRE D'OISE

2 panneaux de dessins et 2 cadres de photographies.

Depuis Etrun, confluent de l'Escaut et du canal de la Sensée, jusqu'à la Seine, la ligne navigable de Mons à Paris comporte :

1° Les canaux de l'Escaut et de St-Quentin, et le canal latéral à l'Oise (140 kilomètres) ;

2° L'Oise canalisée (104 kilomètres).

Ce tronçon, qui forme le collecteur des voies navigables reliant à Paris la Belgique et tous les charbonnages français du Nord et du Pas-de-Calais, est soumis à un trafic intense.

Le tonnage moyen a varié depuis 30 ans dans une proportion considérable, comme l'indique le tableau ci-après :

ANNÉES	TONNAGE RÉDUIT A LA DISTANCE D'UN KILOMÈTRE				NOMBRE DE BATEAUX passés en un an à l'écluse de Tergnier.
	Escaut.	Canal de St-Quentin.	Canal latéral à l'Oise.	Oise canalisée.	
1880..	1.389.839	2.041.674	2.113.242	1.691.886	8.000
1909..	5.849.009	5.744.933	4.419.747	4.159.971	33.098

Dès 1885, le trafic était très voisin de la limite de capacité de fréquentation de la ligne, et l'on a dû étudier les moyens d'augmenter cette limite.

Pour des raisons multiples, et en particulier à cause des déclivités des régions traversées et de la cherté de l'eau, on a dû se résoudre à conserver le profil correspondant au bateau type genre péniche, offrant 38m,50 de longueur utile sur 5 mètres de largeur, et portant 285 tonnes à l'enfoncement de 1 mètre.

Les travaux ont été exécutés sur le programme ci-après :

1° Canaux entre la Sensée et l'Oise.

Le profil a été élargi ou approfondi de manière que le rapport de la section mouillée du canal à la section immergée maxima du bateau type soit de 4 en alignement droit, avec surlargeur convenable dans les courbes.

Le tirant d'eau varie de 3m,30 à 2m,50.

Aucun ouvrage à section rétrécie n'a été conservé, à l'exception des souterrains du bief de partage, qui présentent une cuvette de 5m,60 de largeur sur 2m,60 de mouillage.

Le bief de partage qui s'étend sur 20 kilomètres est établi à voie unique, mais avec largeur au plafond d'au moins 8 mètres.

Toutes les écluses ont été doublées, et les ouvrages nouveaux construits avec 6 mètres de largeur (les vieilles écluses n'ont que 5m,20) et 40m,50 de longueur utile. Le mouillage sur les buscs est de 2m,50.

Le remplissage et la vidange se font au moyen de vannes à jalousies installées dans le bordage des portes busquées. La surface d'ouverture de ces vannes est considérable. Elle atteint 2 mq par vantail. La manœuvre est très rapide. La hausse ou la baisse durant le sassement atteignent environ 1 mètre par seconde.

Des garages avec estacades sont ménagés de part et d'autre des têtes de chacun des ouvrages. Le bateau attendant son tour s'y amarre, et peut ainsi entrer dans l'écluse dès que le bateau sortant s'est éloigné d'une longueur de bateau. Dans ces conditions on arrive à débiter 10 bateaux par heure en

service normal, et ce nombre peut être porté à 12 avec une organisation spéciale de la main-d'œuvre.

Le bief de partage est exploité en 4 sections de touage. Dans chaque section un toueur traîne en navette des convois de 25 à 30 bateaux. Les toueurs échangent leurs convois dans des garages à double voie ménagés aux extrémités des sections.

Les toueurs sont mus par la vapeur, sauf le toueur desservant la section qui contient le souterrain de Riqueval (5.670 mètres de longueur), lequel est mû électriquement. L'énergie est fournie par une usine à vapeur de 80 chevaux, produisant le courant continu à 550 volts. L'appareil de touage est actionné par 2 dynamos de 40 H P ; une batterie d'accumulateurs placée à bord interviendrait automatiquement en cas de rupture du courant pendant la marche. Le toueur électrique donne des résultats tellement satisfaisants à tous les points de vue, que la traction à vapeur est appelée à disparaître prochainement sur les autres sections du bief de partage.

En dehors du bief de partage les bateaux sont halés par des chevaux sur tous les canaux entre la Sensée et l'Oise, un service de halage électrique va être incessamment substitué à cet ancien service, qui n'a plus la souplesse nécessaire pour alimenter régulièrement des groupes d'écluses à grand débit sur une ligne à trafic intense. Les tarifs maxima seront fixés comme il suit :

0 fr. 001 par tonne de jauge possible,
0 fr. 002 par tonne de chargement effectif.

La capacité de fréquentation maxima de la ligne est celle du bief de partage. Elle est limitée à 130 bateaux par jour, et correspond à une exploitation par convois de 25 à 30 bateaux marchant à une vitesse de 1.400 mètres à l'heure, vitesse que l'on ne peut dépasser dans le souterrain sans provoquer un remous qui fait atteindre l'effort de traction limite.

2° Rivière d'Oise canalisée.

La rivière d'Oise canalisée, entre l'écluse Sud du canal latéral à l'Oise et la Seine, présente une série de 7 biefs, séparés par des barrages de 1m,30 à 1m,50 de chute.

Ces barrages, construits au commencement du siècle dernier, étaient constitués par des déversoirs fixes en enrochements et charpentes avec écluses accolées.

On a dû, il y a environ 40 ans, greffer sur les seuils des déversoirs de petits barrages à fermettes et aiguilles, afin d'obtenir un chenal de 30 mètres de largeur avec 2m,50 de mouillage.

Ces déversoirs viennent d'être remplacés par des barrages à pont supérieur dont le modèle est exposé.

L'écluse en rivière a été conservée pour le passage des vapeurs et bateaux isolés.

On a en outre établi au droit de chaque barrage une dérivation de 17 mètres de largeur au plafond, avec écluse de 125 mètres de longueur et 12 mètres de largeur, permettant le sassement d'un remorqueur et de 5 bateaux.

La traction s'opère par suite par convois de 5 bateaux attelés à longues remorques, composition qu'il ne serait pas possible de dépasser sans danger en raison des courbures du chenal.

Le prix de la traction par kilomètre, pour une péniche à plein chargement varie, suivant l'état des eaux, de 0 fr. 45 à 0 fr. 80 à la descente, et de 1 fr. 00 à 2 fr. 50 la remonte.

DEUXIÈME SECTION

NAVIGATION MARITIME

I

PORT DE BOULOGNE

OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ

1 panneau de dessins.

Les mauvais terrains du port de Boulogne, dont le sous-sol est constitué en grande partie par de l'argile kimméridgienne, ont conduit, dans ces derniers temps, les Ingénieurs à modifier le système de construction qui avait été suivi jusqu'alors pour les ouvrages du port et à remplacer les massifs pleins fondés à l'air libre ou à l'air comprimé par des appontements en béton armé reposant sur des pieux en béton fretté ou sur un mur de pied arasé à une cote légèrement supérieure au niveau des plus basses mers.

Appontement du quai Gambetta. — Le premier ouvrage en béton armé construit à Boulogne a consisté dans l'établissement d'un appontement en arrière du quai Gambetta, préalablement déchargé. Ce mur, fondé sur un terrain composé de couches d'argile plastique très glissante,

séparées par des bancs de pierre inclinés vers le port, avait été le siège de mouvements assez importants, et c'est pour diminuer la poussée qui s'exerçait sur sa face postérieure en même temps que la pression sur la fondation, que l'on enleva jusqu'à la cote (3^{m},50) (1) les remblais pierreux placés derrière le mur, ainsi que la partie supérieure d'un ancien mur qui se trouvait en arrière de l'ouvrage actuel. Le talus de l'excavation ainsi ménagée fut maintenu par un perré en maçonnerie à pierres sèches. Le terre-plein fut reconstitué au moyen d'un appontement en béton armé reposant sur 3 lignes de pieux de 0^{m},40 d'équarrissage ; la plus voisine du mur est en pitchpin, les deux autres en béton fretté système Considère. Ces pieux avaient une longueur de 11^{m},00 à 11^{m},60. Ils sont surmontés par des colonnes en béton armé, reliées longitudinalement et transversalement par des pièces de contreventement de 0^{m},30 × 0^{m},30 et de 0^{m},15 × 0^{m},15. Le plancher est constitué par un hourdis de 0^{m},15 d'épaisseur supporté par un quadrillage de poutres de 0^{m},53 × 0^{m},25 et de poutrelles de 0^{m},45 × 0^{m},15. L'appontement a une longueur de 320 mètres ; sa largeur moyenne dans la partie dite branche Nord est de 17^{m},80 ; elle est de 12^{m},70 dans la branche Sud. Des coupures de 0^{m},05 ont été ménagées tous les 50 mètres environ pour permettre le jeu de la dilatation. Le plancher a été calculé pour une charge de 2.500 kilogr. par mètre carré, pavage compris.

Quais du bassin Loubet. — Le bassin Loubet, qui vient d'être construit, devait présenter sur les rives Sud, Ouest et Nord des murs pleins reposant sur des pieux en bois par l'intermédiaire d'une fondation en béton. Le mur Sud fondé à (— 7,70) a été exécuté dans les conditions prévues. Mais, au cours de l'avancement des travaux, on

(1) La cote des basses mers de mortes eaux moyennes est de (2,64).

voulut se réserver la possibilité de prolonger ultérieurement le bassin vers l'Ouest et on décida de remplacer le mur Ouest par un perré maçonné recouvert par un appontement en béton armé. D'autre part, on chercha à diminuer le poids de l'ouvrage prévu pour le quai Nord et on remplaça le mur plein par un mur de pied arasé à la cote (0,50) servant d'appui à un perré maçonné, le tout recouvert par un appontement en béton armé. Ce mode de construction est plus avantageux que le système employé au quai Ouest en ce que la partie perreyée, qui est le siège de fréquentes réparations et doit être souvent visitée, se trouve complètement au-dessus du niveau des plus basses mers.

L'appontement Ouest, d'une longueur de 200 mètres et d'une largeur de 19m93, est supporté par 4 files de pieux en béton fretté système Considère de 0m,40 d'équarrissage, sauf la dernière, du côté du terre-plein, qui n'a que 0m,30. Ces pieux sont surmontés de colonnes en béton armé contreventées d'une manière analogue à celle de l'appontement du quai Gambetta. Le hourdis de 0m,20 d'épaisseur repose sur des poutres de 0m,55 × 0m,25 et des poutrelles de 0m,50 × 0m,20, disposées de manière à se trouver au droit des voies ferrées et des chemins de roulement des grues. Des joints de dilatation ont été ménagés tous les 60 mètres. L'ouvrage a été étudié en vue de supporter les surcharges roulantes prévues au règlement du 29 août 1891 et les grues, ainsi qu'une charge de 2.500 kilogrammes par mètre carré. L'appontement Nord a une longueur de 320 mètres et une largeur de 14m,92 ; il est construit dans un système analogue au précédent. Les deux premières files de pieux sont encastrées dans le mur de pied. Les pieux frettés de l'appontement Ouest ont une longueur de 10 à 12 mètres, ceux de l'appontement Nord de 14 à 17m,50.

Appontement du tender "Holland". — En avant de la Gare Maritime, a été construit un appontement de

forme trapézoïdale de 600 mètres carrés environ de surface, destiné à l'accostage du tender « Holland » qui assure le transport des voyageurs transatlantiques du port à la rade de Boulogne. Cet ouvrage, qui repose sur des pieux frettés de $0^m,40$ et de $0^m,30$ d'équarrissage et de $13^m,00$ de longueur, est analogue aux ouvrages que nous venons de passer en revue.

Appontement du quai du Centre. — Il en est de même de l'appontement de 150 mètres de longueur et de $16^m,20$ de largeur construit en avant du quai du Centre et qui a pour but de permettre de consolider au moyen d'un perré jusqu'à la cote (6,25) le mur de quai en avant duquel il est construit et qui était le siège de mouvements importants et d'obtenir à son pied la cote (-3,00) de manière à le rendre utilisable à basse mer par les bateaux de pêche et les navires excursionnistes. Il repose sur 3 files de pieux frettés de $0^m,40$ d'équarrissage et de $13^m,00$ de longueur maximum.

Généralités. — La composition adoptée pour le béton des pièces non en contact avec la mer est de 300 kg. de ciment portland pour $0^{m3},400$ de sable et $0^{m3},800$ de gravier ; pour les pièces baignées par la mer, le dosage du ciment a été porté à 450 kg.

Le battage des pieux a été fait au moyen d'nu mouton de 3.000 kg.

Toutes les parties en contact avec la mer ont été revêtues de 2 couches de coaltar.

Les résultats obtenus jusqu'ici sont satisfaisants.

Les divers ouvrages en béton armé du Port de Boulogne ont été projetés et exécutés sous la direction de M. l'Ingénieur en chef Voisin, par MM. Vasseur et Delmotte, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avec le concours de MM. Loustalet et Lacroix, Sous-Ingénieurs, Henne et Hameroux, conducteurs.

Les entrepreneurs étaient : M. Paul PIKETTY, pour l'appontement du quai Gambetta, MM. KERMINA, BRISSOT et POROT, pour les quais du bassin Loubet, et la *Société des grands travaux en béton armé* (M. TRICON, administrateur délégué) pour les appontements du tender « Holland » et du quai du Centre.

II

PORT DU HAVRE

ÉCLUSE BELLOT-TANCARVILLE.

1 modèle.

L'écluse Bellot-Tancarville a été construite de 1906 à 1910, pour mettre en communication les bassins à flot du port du Havre avec le canal du Havre à Tancarville, dont le niveau est constant et égal au niveau moyen des pleines mers (cote + 7,15), les dénivellations variant de 0 à 2^{m},00 dans un sens ou dans l'autre ; c'est donc une écluse à sas et, comme elle devait être construite dans un terreplein de dimensions restreintes et recevoir des moyens de fermeture capables de fonctionner comme portes d'èbe et de flot, ceux-ci ont été constitués par des portes roulantes, ce qui a permis de n'employer qu'une porte par tête ; pour diminuer encore la quantité dont ces deux têtes réduisaient la longueur utile de l'ouvrage, les voies de communication terrestres le franchissent sur la porte Ouest utilisée comme pont.

La longueur totale de l'écluse est de 245 mètres et sa longueur utile de 187 mètres. La largeur des pertuis des écluses est de 25 mètres au niveau du radier, les parements présentant en outre un fruit de 1/10^{e}. Les seuils sont arasés à la cote (— 2,65) à l'Ouest et à la cote (— 2,00) à l'Est, ce qui permet d'utiliser normalement l'ouvrage pour des navires de 8^{m},50 à 9^{m},00 de tirant d'eau.

Le bajoyer Sud du sas a été établi en retrait de 25 mètres

environ sur le parement Sud des pertuis des têtes, pour permettre de l'utiliser comme mur de quai.

Les bajoyers, ainsi que les enclaves des portes, ont été construits sur des caissons foncés à l'air comprimé à travers un terrain formé d'argile sableuse plus ou moins consistante. Les caissons des enclaves présentaient chacun une surface d'environ 800 mq. Ils ont pu être descendus, à raison de la nature des terrains, avec une précision suffisante pour que les parements exécutés pendant le fonçage aient pu ultérieurement recevoir sans être retouchés la butée des portes. Les quatre musoirs qui ont été construits dans des bassins en service ont été raccordés avec les quais voisins au moyen de l'air comprimé avec un caisson mobile. Entre les bajoyers, il n'a été établi de radier que pour les deux têtes, en vue de constituer la chambre des portes et de former entre les biefs des écrans étanches susceptibles de s'opposer au siphonnement des eaux : à l'Est, ce radier a été construit dans l'air comprimé en caisson mobile ; à l'Ouest, il a été fondé sur un caisson foncé à l'air comprimé. L'inconsistance du sol a d'ailleurs conduit à employer des pieux sous la totalité des ouvrages en maçonnerie, en les battant avec des faux-pieux, soit dans le sol avant le fonçage des caissons, soit dans l'eau avant l'entrée en service des caissons mobiles.

Les manœuvres d'eau sont assurées par deux aqueducs ménagés dans chacun des bajoyers et pourvus de débouchés aux quatre angles du sas. Ces aqueducs sont fermés à chaque extrémité par des vannes planes levantes.

Les deux portes sont semblables, sauf en ce qui concerne le passage des voies de circulation terrestres ménagé sur la porte Ouest seulement. Celle-ci a reçu, à sa partie supérieure, un tablier portant deux voies charretières et une voie ferrée qui franchissent l'enclave sur une passerelle mobile pouvant être soulevée pour permettre les mouvements d'ouverture.

Les portes sont construites en acier, dans le système à montants verticaux, avec une seule entretoise à la partie

supérieure qui forme avec les montants inclinés d'about et la traverse inférieure un cadre rigide et robuste, de $5^m,00$ environ d'épaisseur, sur lequel sont rapportées les fourrures en bois de greenheart assurant l'étanchéité. A l'intérieur du cadre, l'épaisseur du vantail a été réduite à $2^m,60$, pour permettre, d'une part, une meilleure utilisation de la porte comme pont et d'autre part, l'emploi d'âmes pleines pour les montants. Ceux-ci sont recouverts par un double bordé muni de renforts horizontaux et ils sont réunis par un pont étanche, au-dessus duquel l'eau du bief le plus élevé peut jouer librement en passant par des vannes ouvertes dans les bordés d'about. Le caisson inférieur, qui forme caisse à air, est divisé en trois compartiments étanches.

Le roulement sur les rails fixés aux maçonneries se fait au moyen de huit galets en acier moulé, de $1^m,00$ de diamètre, groupés dans deux chambres accessibles au moyen de l'air comprimé. Ces galets peuvent porter le poids de la porte pleine d'eau, mais, en service, le poids est seulement de 35 tonnes environ.

La porte a reçu un lest en béton et en fonte suffisamment lourd pour qu'une fois vidée de toute l'eau qu'elle peut contenir, elle puisse flotter avec une stabilité de poids assurée et un tirant d'eau de $8^m,00$ environ, qui permet de la conduire pour la réparer dans un des bassins de radoub du port. Ses formes ont été arrêtées de manière à permettre, pour ces réparations, de la dégager des feuillures en maçonnerie lorsqu'on la fait flotter avec une hauteur d'eau suffisante. Toutefois, la possibilité de faire l'entretien et les réparations sur place a été prévue ; à cette fin, les enclaves des portes ont reçu un supplément de largeur de $2^m,00$ et un caisson-batardeau a été construit pour permettre d'obturer l'entrée de cette enclave et de la transformer en un véritable bassin de radoub, dont une pompe centrifuge, placée sur l'un des côtés, peut entretenir l'épuisement.

Toutes les manœuvres des portes, de la passerelle mobile

et des vannes, ainsi que celle des cabestans placés sur l'écluse, se font au moyen de l'eau sous pression.

Le montant actuel des dépenses autorisées est de 7.185.000 francs (sommes à valoir comprises).

Les travaux ont été exécutés sous la direction de M. Ducrocq, Ingénieur en Chef, par M. Guiffart, Ingénieur ordinaire. M. le Conducteur Chiren a été préposé à la conduite des chantiers

PROVINCIA DI TORINO

Les principaux entrepreneurs ont été M. Brossier, pour l'exécution des terrassements et maçonneries. MM. Schneider et C^ie^ (Creusot) pour la construction des portes roulantes et les ponts fixe et mobile, la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée* (ateliers du Havre) pour la fourniture des cabestans et vannes et de tous les appareils de manœuvre.

III

PORT DE SAINT-NAZAIRE

GRANDE FORME DE RADOUB.

1 cadre de dessins.

La forme de radoub n° 1, qui est actuellement la plus grande forme de France, a été à la fois élargie et allongée, au cours des années 1908-1909 et cette transformation a donné lieu à une dépense notablement inférieure à celle d'une forme neuve.

La forme n° 1 avait autrefois une longueur utile de 182m,50 qui était devenue tout à fait insuffisante pour les grands paquebots transatlantiques. Actuellement elle mesure 220 m. de longueur intérieure, ce qui correspond à la plus grande longueur des bateaux susceptibles d'évoluer dans le bassin à flot où elle est établie.

La forme n° 1 a été élargie de 10 mètres exactement.

Sa largeur est maintenant de 30 mètres au minimum dans la partie la plus resserrée du pertuis d'entrée, au niveau du seuil du bateau-porte. Elle atteint 38m,20 au niveau des couronnements de la section courante.

Quant au seuil du bateau-porte et au radier des tins, ils sont arasés à la cote (— 3,37). Le plan d'eau des bassins pouvant être artificiellement maintenu, de façon permanente, à la cote (+ 5,00), grâce aux machines élévatoires, les navires de 8 mètres de tirant d'eau peuvent couramment entrer en forme. Quand il se présente des navires d'un tirant

d'eau supérieur à 8 mètres, le plan d'eau des bassins est momentanément relevé jusqu'à la cote (+ 6,30), permettant au besoin l'entrée en forme des navires de 9m,30 de tirant d'eau.

La forme de radoub a été élargie d'un seul côté de l'axe, grâce à la démolition et à la reconstruction de son bajoyer Nord.

La démolition des vieilles maçonneries, les déblais de toute nature et l'exécution des maçonneries nouvelles ont été effectués à l'air libre, sans sujétion d'aucune sorte, à l'abri de l'ancien bateau-porte qui a été maintenu en place jusqu'au moment où il a fallu démolir le massif de maçonnerie sur lequel il s'appuyait au Nord. Lorsque les travaux sont arrivés à cette dernière phase, le raccordement des maçonneries du nouveau bajoyer avec le mur de quai du bassin a été effectué à l'aide de ventouses spéciales en charpente qui, appliquées sur les murs existants, et présentant une étanchéité presque absolue, ont permis d'exécuter à sec les travaux de raccordement et d'éviter l'emploi des caissons à air comprimé.

Pendant l'exécution de ces travaux de raccordement, le bateau-porte de la forme a été coupé suivant sa section transversale médiane, de manière à y ajouter un nouveau tronçon de 10 mètres de longueur. Les calculs avaient, en effet, permis d'établir que, moyennant quelque renforcement des parties conservées, il était possible de l'allonger par le milieu.

Le délai d'exécution des travaux a été de dix-huit mois.

Les dépenses se sont élevées en totalité à savoir :

Agrandissement proprement dit de la forme.	954.000 fr.
Allongement du bateau-porte.....	126.000 fr.
Total.....	1.080.000 fr.

L'avant-projet et les projets d'exécution ont été dressés et présentés par MM. MALLAT, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, et LE TROCQUER, Ingénieur ordinaire.

Les travaux des maçonneries et terrassements ont été adjugés à M. MOLÈS, entrepreneur à St-Nazaire ; ceux de l'allongement du bateau-porte à la *Société des Ateliers et Chantiers de la Loire*. Ils ont été exécutés sous la direction de MM. MALLAT, Ingénieur en Chef, LE TROCQUER, et DEBÈS, Ingénieurs ordinaires.

IV

PORT DE BORDEAUX

MURS DE QUAI DU BASSIN A FLOT N° 2.

1 modèle et 1 panneau de dessins et photographies.

Les murs de quai du Bassin à flot, n° 2, au port de Bordeaux, ont été établis dans un terrain de marais formé d'alluvions argileuses peu consistantes : le terrain naturel était aux environs de la cote (+ 3,50) au dessus des basses mers, alors que le plan d'eau dans le bassin devait être aux environs de la cote (+ 5,00), le couronnement du mur à la cote (+ 7,00) et le fond du bassin à la cote (— 3,50) d'abord avec approfondissement ultérieur à la cote (— 4,50). Le terrain résistant de fondation se trouvait à une cote variable de (— 8,00) à (— 10,00).

On a adopté le type de mur de quai sur voûtes.

Les murs sont constitués essentiellement par un viaduc en maçonnerie dont les voûtes reposent sur des puits en maçonnerie havés d'abord à l'air libre puis à l'air comprimé. Derrière ce mur, et dans les parties correspondant aux vides des voûtes, les remblais sont maintenus par des murs de soutènement en béton armé établis sur pilotis et entièrement séparés du parement arrière du viaduc en maçonnerie. Ces masques sont protégés par un massif d'enrochements en arrière desquels règne un remblai en sable. Le talus sous les voûtes est recouvert d'enrochements.

La portée des voûtes est de 12^{m},50 : elles sont surbaissées au quart ; les naissances sont à la cote (+ 2,025). Les piles

courantes ont une largeur de $3^m,50$ aux naissances ; de distance en distance sont établies des piles culées d'une largeur de $7^m,00$. La profondeur des voûtes perpendiculairement à l'arête du quai est de $6^m,30$ en moyenne.

Les puits ont été implantés au fond de tranchées de $2^m,50$ environ en-dessous du terrain naturel. On a d'abord implanté et bétonné des rouets en tôle et cornières, puis au-dessus d'eux des chambres de travail ont été construites en maçonnerie au mortier de ciment. Après séchage, le havage à l'air libre de ce premier tronçon, puis des tronçons superposés, a été entrepris d'abord à la main puis par des bennes dragueuses ; il a été poursuivi jusqu'à ce que le caisson soit descendu de $8^m,00$ en moyenne au-dessous de la cote d'implantation. Le havage a été ensuite achevé au moyen de l'air comprimé après construction de plafonds en béton armé à $5^m,00$ au-dessus du couteau des rouets, les puits étant arrêtés à une couche de graviers existant à $11^m,00$ en moyenne au-dessous de la cote d'implantation ; les chambres de travail et les puits au-dessus des plafonds ont été alors remplis en béton de chaux hydraulique.

62 massifs ont été ainsi foncés dans le bassin proprement dit, 2 compresseurs mus électriquement et 4 sas ont été employés à ce travail.

Les travaux de battage et moisage à l'emplacement des murs de soutènement en ciment armé ont été entrepris en arrière des voûtes au fur et à mesure de l'achèvement des piles. Les pieux en pin des Landes de $13^m,00$ à $14^m,00$ de longueur en général ont été battus avec une inclinaison du 1/10 par trois sonnettes Lacour montées sur des chariots roulants.

L'exécution des voûtes a suivi au moyen de 7 jeux de cintres avec fermes en charpente en forme de bow-string. Après leur décintrement, 6 coffrages en bois et cornières ont permis de construire les masques en béton armé comportant chacun un cube de 30^{m3} et 3.000 kgs environ d'acier doux.

Les déblais du centre du bassin ont été enlevés par une drague et évacués par pompage et refoulement dans une section voisine des marais pour la surhausser.

L'importance approximative des travaux principaux du Bassin proprement dit, dont les murs de quai s'étendent sur 1.200 mètres environ (y compris le pertuis de communication entre ce bassin et le bassin n° 1), dont la surface d'eau présentera 6^{Ha} environ et la surface des terre-pleins 10^{Ha} environ est la suivante :

Terrassements	550.000^{m3}
Déblais de havage	26.000^{m3}
Maçonnerie de moellons ordinaires (puits et tympans)	28.000^{m3}
Maçonnerie de béton	5.200^{m3}
Maçonnerie des voûtes	6.000^{m3}
Nombre de pieux	4.000
Ouvrages en béton armé	1.600^{m3}
Enrochements	35.000^{m3}
Remblais sableux	180.000^{m3}

Le montant total des dépenses de terrassements, maçonneries et charpente prévues pour le bassin et le pertuis de communication est de 5.400.000 francs environ.

Ces travaux ont été, sous la direction de M. l'Ingénieur en Chef Vidal, projetés par M. Labeille, Ingénieur des Ponts et Chaussées et exécutés par cet Ingénieur, puis par M. Barrillon, Ingénieur des Ponts et Chaussées avec le concours de M. le Sous-Ingénieur Musseau. Les entrepreneurs étaient MM. Albouy et Dequeker Frères.

V

PORT DE MARSEILLE

BASSIN DE LA MADRAGUE

3 cadres de dessins.

Indication des documents exposés. — Les documents exposés par le Service spécial maritime des Bouches du Rhône, 1re Division, comprennent :

1° Un plan général du port de Marseille, à l'échelle de 0m,0002 par mètre.

2° Un plan d'ensemble, à l'échelle de 0m,001 par mètre, bassin de la Madrague, dont la construction est entreprise.

3° Un profil en travers type de la digue extérieure du port de Marseille dont le prolongement s'effectue, accompagné des dessins de détail des caissons en béton qui seront utilisés pour la fondation des murs de quai rattachés à cette digue.

Bassin de la Madrague. — Une loi du 27 janvier 1909 a déclaré d'utilité publique la construction, au port de Marseille, d'un nouveau bassin, dit de la Madrague, au Nord du bassin de la Pinède.

La dépense est évaluée à 32 millions de francs.

Le bassin de la Madrague aura la forme d'un pentagone obtenu en établissant un pan coupé dans l'un des angles d'un rectangle. Il aura 753 mètres dans sa plus grande longueur et 500 mètres de largeur. Il sera limité, au Sud, par la

traverse de la Madrague, existante ; à l'Est par le prolongement du quai de rive du bassin de la Pinède ; au Nord, par une nouvelle traverse dite du Cap Janet et à l'Ouest par le prolongement de la digue extérieure. Il contiendra un môle oblique de 305 mètres de longueur et de 130 mètres de largeur établi parallèlement à la traverse du Cap Janet et rattaché à la rive.

Cette dernière traverse sera formée de deux branches laissant entre elles une passe de 100 mètres de largeur pour l'entrée dans le port. La branche Est, de 366 mètres de longueur et de 140 mètres de largeur, sera attenante à la rive et fera un angle de 55° avec celle-ci ; la branche Ouest, de 100 mètres de longueur et de 100 mètres de largeur, sera perpendiculaire à la digue extérieure à laquelle elle se soudera.

Le quai de rive sera interrompu pour former une passe donnant accès dans le bassin dit de remisage où débouchera le Canal de Marseille au Rhône et qui est destiné à être transformé pour servir de bassin de réparations à flot ainsi qu'à l'entrée dans de nouvelles formes de radoub.

Le bassin sera approfondi de manière à avoir sur toute son étendue, jusqu'au pied même des murs de quai dont le parement sera vertical, une profondeur minimum de 12 mètres au-dessous du niveau de la basse mer.

La digue extérieure sera prolongée et s'étendra jusqu'à 300 mètres au delà de la traverse du Cap Janet pour abriter le nouvel avant-port Nord.

Cette digue sera constituée, comme la digue actuelle, en enrochements naturels de diverses catégories, revêtus du côté du large, au-dessus de la cote (— $6^{m},00$), par des blocs artificiels de 14^{m3}, en maçonnerie ordinaire au mortier de chaux hydraulique. Les talus des enrochements seront de 4 de base et de 3 de hauteur. Etablie par des fonds atteignant la cote (— $34^{m},00$), elle aura jusqu'à 110 mètres de largeur à

la base. Elle sera surmontée d'un mur d'abri s'élevant à la cote (+ 9m,00).

Les murs de quai rattachés à la rive seront fondés sur le terrain résistant qui se trouve à des niveaux compris entre les cotes (— 6m,00) et (— 23m,00). Un concours est actuellement ouvert en vue de leur construction.

La fondation des murs de quai situés du côté du large sera formée au moyen de grands blocs monolithes obtenus par le remplissage de caissons en béton de ciment échoués sur des digues sous-marines en enrochements naturels arasées à la cote (— 12m,00). Ces caissons auront 24m,20 de longueur, 9 mètres de largeur à la base et 13 mètres de hauteur.

L'avant-projet du Bassin de la Madrague a été dressé par M. Batard-Razelière, Ingénieur en Chef. Les projets définitifs ont été dressés et les travaux sont exécutés sous la direction de M. Batard-Razelière, Ingénieur en Chef, par MM. Guyot et Gassier, Ingénieurs, avec le concours de MM. Vidal et Bousquet, Conducteurs. L'entrepreneur des ouvrages situés du côté du large est M. Léon Chagnaud. Les ouvrages rattachés à la rive ne sont pas encore adjugés.

TROISIÈME SECTION

VOUTES, PONTS TRANSBORDEURS, ROUTES

I

SEMI-ARTICULATION POUR VOUTES EN BÉTON ARMÉ

APPLICATION
A LA COUVERTURE DU BASSIN DU TEMPLE,
CANAL SAINT-MARTIN, A PARIS,
ET AU PONT D'AMÉLIE-LES-BAINS (Pyrénées Orientales)

Un modèle schématique, un modèle d'application 1/2 grandeur, un dessin, une photographie.

Le calcul des voûtes encastrées présente des difficultés et des incertitudes considérables, en cas de léger déplacement des culées par exemple.

Lorsque les voûtes sont en béton armé, les raccourcissements dus à la mise en charge (souvent négligés à tort), aux abaissements de température, à la prise du béton y développent des moments fléchissants considérables. Un calcul élémentaire montre qu'avec le raccourcissement de 0,00068 dû à ces différentes causes, il est impossible, en respectant les limites de pression fixées par les règlements, de construire, avec du béton courant dosé à 300 kilogrammes, des

voûtes de plus de quelques mètres de portée dont le surbaissement soit voisin du dixième, valeur couramment adoptée. (Voir à ce sujet une étude sur le *béton fretté* de M. Considère publiée par le *Génie Civil,* t. L nº 18, page 299).

On n'évite ces inconvénients qu'avec trois articulations. M. Mesnager, Directeur du Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, dans le but de les réaliser économiquement, a employé un dispositif analogue, en principe, aux lames flexibles qu'il avait utilisées avec succès pour la construction des ponts métalliques et pour divers instruments (*Annales des Ponts et Chaussées,* 3e trimestre 1903).

Des barres rondes noyées dans le béton et suffisamment inclinées de part et d'autre de la fibre moyenne de la voûte pour pouvoir efficacement contrebalancer les efforts tranchants se croisent sur la ligne d'articulation à réaliser. Elles sont calculées pour une pression moyenne de 8 kg : mm² sous les plus fortes charges et pénètrent dans le béton sur une longueur égale à 45 fois leur diamètre de part et d'autre de l'articulation de façon à transmettre l'effort au béton par adhérence. (*Génie civil,* 30 juillet et 6 août 1910).

Des essais préliminaires faits au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées ayant permis de contrôler les qualités de résistance et de flexibilité sur un modèle en grandeur d'exécution (*Annales des Ponts et Chaussées,* 1896-II, page 180). Une application a été faite sous les ordres directs de M. Mesnager à la couverture du bassin du Temple, Canal Saint-Martin, à Paris. (Voûte de 27m,64 de portée, 236m de longueur). Le travail est revenu pour terrassements, fondations, voûte et remblais à 104 fr. 73 le mètre carré et travaux accessoires compris (viabilité aux abords, embellissements, etc.) à 125 fr. 75.

M. Boussiron, l'Entrepreneur qui avait exécuté cette voûte, en a fait depuis une autre de 44 mètres de portée à Amélie-les-Bains (Pyrénées Orientales) pour une route, avec le même dispositif de semi-articulations.

II

PONT TRANSBORDEUR DE NANTES

1 modèle et 3 cadres de photographies.

Jusqu'en ces derniers temps, la traversée des passes maritimes, — sur lesquelles il faut maintenir entière la liberté de navigation, — ne pouvait s'effectuer que par bateau, par tunnel ou par pont supérieur.

Les bateaux, soumis à la marée, à la tempête, ne répondent qu'imparfaitement aux besoins de la circulation terrestre.

Le tunnel sous-fluvial est d'un établissement dispendieux, surtout sous des passes à tirant d'eau profond et dans les terrains d'alluvion.

Le pont par dessus, qui est obligé de se tenir supérieur à la hauteur des mâtures, conduit à des rampes d'accès fort onéreuses à établir sur les rives plates des ports maritimes, et pénibles à gravir.

Ces constatations ont conduit à la conception du « *pont à transbordeur* », laquelle consiste à placer au-dessus de la passe maritime et à une hauteur supérieure à celle des mâtures un tablier métallique auquel sont adaptés quatre cours de rails.

Sur ces rails, et pendu en dessous, est établi un cadre de roulement auquel sont attachés des câbles dont l'extrémité inférieure porte une nacelle placée à hauteur des quais.

Cette nacelle affecte la forme d'un tronçon de rue, c'est-à-dire qu'elle comporte une chaussée charretière bordée de deux trottoirs. Lorsqu'elle est accostée à quai, les piétons, véhicules ou animaux, embarquent de plain pied, puis

un wattman commandant les moteurs électriques opère la mise en marche du cadre de roulement pour aller vers l'autre rive.

La nacelle qui y est pendue suit le même mouvement jusqu'à ce qu'elle soit accostée au quai de l'autre rive, sur laquelle piétons, véhicules et animaux débarquent de plain-pied après avoir traversé la passe maritime.

Les câbles qui portent la nacelle sont installés suivant une triangulation appropriée pour empêcher tout balancement gênant.

Par ce moyen, la traversée de la passe s'opère en ligne droite, c'est-à-dire par le plus court chemin. Elle s'opère également de niveau, ce qui constitue la ligne de moindre fatigue, lorsqu'on la parcourt dans les deux sens. Aussi le système des transbordeurs, innové par M. ARNODIN, tend-il à se développer.

Ils peuvent être établis de plusieurs façons, mais le plus économique est généralement de recourir au système suspendu, comme à Bilbao (Espagne), Rouen, Rochefort (France), Newport-Mon (Angleterre), etc., etc.

Toutefois, le système suspendu par câbles paraboliques entraîne la nécessité d'établir des massifs d'amarrage loin des rives. Or, dans un port, les quais sont encombrés et bordés de maisons. Il y a fréquemment en bordure des lignes de tramways et des voies ferrées qui s'opposent à l'établissement des massifs d'amarrage et des câbles de retenue inclinés.

C'est le cas qui s'est présenté dans le port de Nantes où M. Arnodin s'est trouvé dans la nécessité d'innover le système à contrepoids et à articulations figuré par la maquette exposée, lequel n'entraîne qu'à des câbles de contrepoids verticaux donnant assez peu d'encombrement pour pouvoir être logés sans inconvénient pour les installations existantes.

Le transbordeur de Nantes a 140^{m},96 de portée d'axe en axe des pylônes et la hauteur de son tablier est de 50 mètres

au-dessus des basses mers. La nacelle, de 10m,00 sur 12m,00, constitue en surcharge d'épreuve un poids de 139 t. 600, elle peut porter en service normal une charge de 20.000 kilos. Elle peut contenir 4 voitures chargées ou 300 piétons. Elle effectue la traversée de la Loire en une minute et peut faire le voyage en 2 minutes 1/2, y compris l'embarquement, la traversée et le débarquement.

Ce transbordeur fonctionne depuis le 1er novembre 1903 et il a transporté depuis cette date jusqu'au 31 décembre 1910 :

8.275.546 voyageurs
et 53.891 véhicules sans le moindre accident.

III

REPRÉSENTATION DU PROFIL DES ROUTES

d'après le procédé du Colonel Vallet.

CARTE DE LA ROUTE NATIONALE N° 212
DITE DES ALPES

CARTE ADAPTATION AU RÉSEAU ROUTIER
DE DIJON A CHATILLON

---

2 panneaux de dessins.

Explication du procédé du Colonel Vallet. — Si nous imaginons par la pensée que nous rasons la croûte terrestre au niveau moyen de la mer en ne conservant que les tranches verticales de terrains qui correspondent aux routes ; la représentation par la perspective cavalière de ces levées de terre éclairées convenablement, donnera les routes montées, on peut dire, sur leurs profils.

QUATRIÈME SECTION

CHEMINS DE FER

I

VIADUC DU VIAUR

(LIGNE DE CARMAUX A RODEZ)

1 modèle, et 2 photographies.

Le Viaduc du Viaur, sur la ligne de Carmaux à Rodez, franchit à 116 mètres de hauteur la gorge de la rivière du Viaur séparant les départements du Tarn et de l'Aveyron.

La travée centrale de 220 mètres d'ouverture est formée de deux ossatures symétriques qui s'arcboutent à la clé sur une rotule de 20 cent. de diamètre. Ces deux ossatures reposent de chaque côté sur des appuis en maçonnerie au moyen de sabots également articulés et se prolongent au delà pour former encorbellement.

Les extrémités de ces encorbellements sont reliées aux culées par des travées métalliques indépendantes de 25 mètres

de portée, lesquelles reposent sur des appuis spéciaux permettant la libre déformation de l'arc central et le jeu de ses articulations.

Chacune des ossatures est constituée par deux fermes longitudinales présentant un fruit de 25 % sur la verticale, de sorte que la distance d'axe en axe des deux fermes, qui à la partie supérieure n'est que de 5m, 89, atteint, au niveau des appuis, 33m,39. Cet écartement donné à la base de la charpente métallique assure à l'ouvrage toute la stabilité nécessaire pour résister aux vents les plus violents. Toutefois, et pour augmenter encore cette stabilité, on a solidarisé chacun des pieds des fermes avec le massif de maçonnerie qui le supporte au moyen d'un tirant de fer de 17 cent. de diamètre.

Les fermes, qui sont reliées entre elles par des entretoises et des contreventements, supportent à leur partie supérieure le plancher de la voie.

Le garde-corps est constitué par une poutre très robuste de 1m,90 de hauteur, capable de maintenir sur l'ouvrage un train déraillé.

La longueur totale de l'ouvrage est de 460 mètres, y compris les deux petits viaducs formant culées de 21 et 29 mètres de longueur. La longueur de la partie métallique est de 410 mètres.

Le volume total des maçonneries exécutées est de 4.857mc.

Le poids total des métaux est de 3.734 tonnes, dont 3.241 d'acier doux, 371 de fer, 88 d'acier coulé, 29 de fonte et 5 de plomb.

La dépense a été de 3 millions, et le prix de revient par mètre carré en élévation de vide à franchir ressort à 110 francs.

Malgré ses formes et ses dimensions exceptionnelles, le Viaduc peut être très facilement visité dans toutes ses parties. A cet effet, des trous d'homme ont été ouverts dans

les membrures supérieures des fermes, au droit des montants, et on peut ainsi, en descendant par l'intérieur de ces derniers, accéder du dessus du tablier à un point quelconque de la partie inférieure.

Un chariot roulant et tournant supporté par une voie disposée au-dessous du plancher, dans l'axe longitudinal de l'ouvrage, permet également la visite complète de toutes les pièces de ce plancher sur toute la longueur de l'arc central et des encorbellements.

Les travaux ont été commencés sur la rive gauche en élevant un échafaudage sous l'encorbellement correspondant. Cet échafaudage supportait un pont roulant muni de deux treuils électriques qui servaient au levage et à la mise en place des divers tronçons. Les pièces montées étaient soutenues au fur et à mesure par des pylônes provisoires en bois. Cette installation démontée a été rétablie sur la rive droite pour le même travail.

La partie la plus intéressante de la construction a consisté dans le montage en porte à faux de l'arc central. On a employé à cet effet un engin spécial comprenant deux grandes poutres très solidement ancrées à l'arrière aux membrures supérieures et s'avançant d'une vingtaine de mètres dans le vide. Elles servaient de support à une voie sur laquelle circulait un chariot auquel était suspendu un échafaudage à plusieurs étages. Une grue électrique pivotante, de 5.000 kg.. servait à la mise en place des pièces.

Pour maintenir l'équilibre de la charpente pendant le montage en porte à faux de la partie centrale, on ayait solidement amarré l'extrémité de chaque encorbellement à l'aide d'un système de bielles verticales fixées à leur partie inférieure à un massif de maçonnerie établi spécialement à cet effet.

Après l'achèvement du montage en porte à faux, on a pu, en agissant sur les écrous dont étaient munies les bielles

inférieures, amener les deux ossatures au contact avec les rotules de la clé.

Les travaux commencés en 1895 ont été terminés en 1902.

Les épreuves réglementaires ont donné des résultats satisfaisants et les déformations constatées ont été inférieures à celles prévues par les calculs.

Cet ouvrage a été exécuté sous le Contrôle des Ingénieurs de l'Etat par la *Société de Construction des Batignolles*, à Paris.

II

VIADUC DES FADES

(LIGNE DE SAINT-ÉLOY A VOLVIC)

1 cadre de photographies.

Généralités. — Le viaduc des Fades est établi sur la vallée de la Sioule, pour le passage du Chemin de fer d'intérêt général de St-Éloy à Volvic (Puy-de-Dôme).

La traversée à grande hauteur de cette vallée a permis de raccourcir le tracé de la ligne ferrée de 4 kilomètres, et, malgré le coût du viaduc, de réaliser une économie de 2.500.000 francs environ. (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1903, 3e trimestre).

Le tracé a été approuvé par décision ministérielle du 26 mai 1897. — L'adjudication des travaux est du 25 juillet 1901.

Le viaduc est à voie unique. Il se compose d'une travée métallique indépendante à poutres droites de 52m,00 de portée, et de trois travées métalliques à poutres droites continues présentant, d'axe en axe des appuis, des portées de 115m,20 pour les travées de rive et de 144 mètres pour la travée centrale ; les poutres sont supportées sur les pileset culées par des appuis en acier coulé.

La longueur totale de l'ouvrage est de 470m,25 ; le rail est à l'altitude de 576m,50, soit à 132m,50 au-dessus du fond de la vallée.

La voie est en pente et en courbe à l'entrée de la travée de

52m,00, tandis que sur tout le reste de l'ouvrage elle est en palier et en alignement droit.

Maçonneries. — Les piles et culées sont en maçonnerie de granit ; sauf le couronnement qui est en pierre de taille, elles ont été exécutées en moellons tétués avec bossages rustiques, sans ciselures sur les lits et joints.

Les deux grandes piles, à droite et à gauche de la travée centrale, présentent une hauteur de 92m,33 au-dessus du massif de fondation ; leur section est rectangulaire : la petite face, parallèle aux rails, varie, du haut en bas, de 5m,50 à 11m,64, et la grande face de 11m,00 à 21m,96 ; la variation est obtenue par une courbe parabolique. Ces piles sont évidées intérieurement ; l'évidement est à section rectangulaire, avec raccordement demi-circulaire des côtés parallèles aux grandes faces ; sa largeur dans le sens de la petite face est constante et égale à 2m,00 ; sa longueur croît du sommet à la base, et suivant une parabole, de 4m,11 à 9m,01. — Le massif des fondations en dessous des 92m,33 ne dépasse pas 7m,50.

La pile-culée qui, sur la rive gauche, sépare la travée de 52m,00 de la travée de 115m,20, présente, à cet effet, deux avant-corps : cette pile-culée ne s'élève, il est vrai, au-dessus du massif de fondations, qu'à une hauteur de 32m,90, mais ce dernier descend, en outre, jusqu'à une profondeur de 44m,64 en dessous du socle ; en plan il présente une largeur de 13m73 sur une longueur de 17m,02. Ces dimensions sont justifiées par la découverte, en pleine masse granitique, et à 35m,00 environ de profondeur, d'une faille d'argile inclinée qui règne dans tout le coteau rive gauche. Lorsque cette faille est mouillée, la masse supérieure glisse sur la masse inférieure. Pour obvier à cet inconvénient, des travaux d'assainissement ont été exécutés ; ils consistent en galeries souterraines présentant une largeur de 2m,00 à la base et de 1m,50 au sommet, avec une hauteur de 2m,00. Ces galeries ont leur base encastrée dans le granit en place ; elles ont été

remplies par de la maçonnerie à pierres sèches reposant sur un radier concave en béton ; un dalot de 0m,20 de largeur sur 0m,30 de hauteur a été ménagé au milieu de ce radier ; les galeries présentent vers leur sortie une pente continue et sont prolongées, à l'extérieur, par des caniveaux étanches, de façon à conduire les eaux recueillies en dehors de la partie en mouvement. Ces galeries, d'un développement total d'environ 500 mètres, ont été exécutées dans un rocher dur mais fissuré et instable ; la quantité d'eau recueillie a atteint 333 mètres cubes en 24 heures, sans jamais descendre au-dessous de 5 mètres cubes. La faille d'argile une fois asséchée, les mouvements ont cessé. Toutefois, par surcroît de précautions, les maçonneries de la pile-culée ont été descendues jusqu'en dessous de la faille argileuse, ce qui explique la profondeur donnée à cette fondation.

Partie métallique. — Le tablier métallique, dans les trois grandes travées solidaires, se compose de deux poutres de rive supportant, à leur partie supérieure, des pièces de pont, lesquelles supportent elles-mêmes les longrines sous rails et le platelage du tablier. D'une poutre de rive à l'autre sont établis des entretoisements verticaux et des contreventements horizontaux. Une passerelle établie à la partie inférieure du tablier permet d'en visiter toutes les parties.

Les poutres de rive, dont la hauteur varie de 11m,60 à 11m,67, sont composées chacune de deux membrures, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure ; chaque membrure comprend elle-même deux âmes verticales de 0m,788 de hauteur, distantes l'une de l'autre de 0m,52, une semelle de 1m,00 de largeur et quatre cornières reliant les âmes à la semelle ; âmes et semelles présentent des renforcements successifs par plaques de 0m,012 d'épaisseur réparties selon le travail. La membrure double supérieure et la membrure double inférieure de chaque poutre, sont reliées par un treillis triple formé de barres constituées par des cornières

inclinées à 45°. Les barres travaillant à la compression sont intérieures aux membrures ; celles qui travaillent à l'extension sont extérieures. Les deux cornières jumelles dont est composée chaque barre sont rendues solidaires entre elles par des lattis disposés en croix de St-André. A l'intersection des barres sont placés de forts goussets. Les sections des barres cornières varient selon le travail, et certaines sont en outre renforcées, sur une de leurs faces, par des plats de $0^m,012$ d'épaisseur.

Les pièces de pont sont distantes de $3^m,60$ d'axe en axe. Elles sont composées d'une âme de 638×12, de deux semelles de 340×10 et de quatre cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$. Elles sont renforcées, dans leur milieu, par des plateaux de $0^m,010$ d'épaisseur. Leur longueur est de $6^m,224$. Cette longueur qui paraît grande pour un pont à voie unique, est nécessaire pour que l'ouvrage résiste à l'action du vent.

Des entretoisements ont été établis dans chaque travée, à des distances de $14^m,40$ d'axe en axe, et se trouvent ainsi compris dans des plans verticaux correspondant à quatre espacements des pièces de pont. Chaque entretoisement comprend la pièce de pont à sa partie supérieure, à sa partie inférieure une poutrelle reliant les membrures inférieures des poutres maîtresses, et enfin des barres en croix de St-André ; barres, pièces de pont et poutrelles sont reliées au moyen de goussets.

Comme contreventement, les poutres de rive sont reliées entre elles dans deux plans horizontaux, l'un à la partie supérieure en dessous des pièces de pont, l'autre à la partie inférieure en dessous des poutrelles d'entretoisement. Chaque contreventement comporte deux barres se coupant en croix de St-André dans des panneaux de $7^m,20$, divisant en deux

rectangles égaux les panneaux découpés par les entretoisements. Ces barres sont de trois types différents. A chaque entretoisement les poutres de rive sont, en outre, reliées à mi-hauteur par un contreventement médian formé par des barres se coupant en croix de St-André.

Les poutres de rive, membrures et treillis, les pièces de pont, les longrines sous rails, tous les goussets d'assemblage de ces pièces entre elles, et ceux des entretoisements et contreventements, sont en acier laminé obtenu par les fours Martin-Siémens. Les autres organes du tablier sont en fer laminé. — Les appuis fixes ou mobiles sont en acier coulé ; les rivets sont en acier extra-doux.

Épreuves. — Les épreuves ont été faites suivant les instructions ministérielles du 29 août 1891. De plus, on a procédé à des mesures directes du travail, au moyen des appareils Manet-Rabut ; en raison de la circulation prévue sur la ligne de wagons de 20 t., la composition du train d'épreuve a été la suivante : deux machines pesant chacune, avec leur tender, 113 t. 460, un wagon de 15 t. 100, 22 wagons pesant chacun 28 t. 600, et 7 wagons avec frein pesant 29 t. 150 l'un. Les flèches ont été constatées au moyen des enregistreurs Rabut. — Les résultats de toutes ces vérifications ont été excellents et les tabliers se sont montré parfaitement résistants et rigides.

Renseignements divers. — La superficie totale en élévation est de..... 32.767^{m2},12

Le cube total des maçonneries, de ..... 37.135^{m3},20

Le poids total de la partie métallique, de 2.603.785 k. 74

La dépense totale, somme à valoir comprise, a atteint..... 3.671.866 fr. 75

Les Ingénieurs qui ont dressé les projets et dirigé les travaux sont :

MM. Draux, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,

Virard, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, avec la collaboration de MM. Barrère, Dupré, Bonneau, Conducteurs des Ponts et Chaussées.

Pour le viaduc proprement dit, l'entrepreneur a été la *Société française de constructions mécaniques*. (Voir, pour l'exécution, les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1910, 1er trimestre).

III

VIADUC DE GARABIT

(LIGNE DE MARVEJOLS A NEUSSARGUES).

1 photographie.

Le viaduc de Garabit est établi sur la rivière de Truyère pour la traversée du chemin de fer de Marvejols à Neussargues.

L'ouvrage se compose d'une grande arche centrale de 165 mètres d'ouverture et de 52 mètres de flèche, sous intrados ; l'épaisseur de l'arc à la clef est de 10 mètres ; cette épaisseur va en diminuant vers les naissances et se termine par une rotule. L'arc est composé de deux fermes présentant un fruit de 0,11088 et distantes de 20 mètres au niveau des naissances. La hauteur maxima, du niveau des rails au fond de la vallée, est de 123 mètres.

Le tablier peut être considéré comme composé de trois tabliers distincts, savoir : le tablier Marvejols, en cinq travées, repose sur une culée en maçonnerie, sur quatre piles métalliques et sur une palée ; le tablier central, à trois travées, repose sur deux palées et sur deux sommiers transversaux placés sur l'arc ;

le tablier Neussargues, à deux travées, repose sur une palée, sur une pile métallique et sur une culée en

maçonnerie. La longueur totale de la partie métallique est de 448^{m},30. Elle est comprise entre deux viaducs d'accès en maçonnerie.

L'ouvrage a été projeté et exécuté par MM. Bauby et Lefranc, Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées, M. Boyer, Ingénieur ordinaire et M. Eiffel, Constructeur.

Les chantiers ont été surveillés par MM. Thona, Thibaut et Vinay, Conducteurs des Ponts et Chaussées.

IV

PONT DE MONTANGES

(LIGNE DE BELLEGARDE A CHÉZERY)

1 modèle.

Le pont, dit de Montanges, a été construit en 1908-1909 pour le passage sur le torrent de la Valserine, affluent du Rhône, du chemin de fer de Bellegarde à Chézery, dans le département de l'Ain.

La rivière est encaissée entre deux berges constituées par de puissantes assises calcaires présentant un front vertical de plus de 50 mètres de hauteur.

C'est entre ces culées naturelles qu'a été jetée une arche en maçonnerie de 80 mètres d'ouverture.

Les principales caractéristiques de cet ouvrage sont les suivantes :

Voûte en arc de cercle de 50 mètres de rayon à l'intrados et $54^{m},10$ à l'extrados.

Flèche de $20^{m},00$, soit un surbaissement de $\frac{20}{80} = \frac{1}{4}$

Epaisseur à la clef	$1^{m},50$
Epaisseur aux naissances	$2^{m},50$
Largeur de la voûte	$5^{m},35$

Les tympans sont élégis au moyen de voûtelettes régnant d'une tête à l'autre. Ces voûtelettes, au nombre de six sur la rive droite et de cinq sur la rive gauche sont en plein cintre et ont chacune $5^{m},30$ d'ouverture.

Les piles supportant ces voûtelettes ont une épaisseur de 1m,06 au sommet et leurs parements perpendiculaires aux plans des tympans sont dressés avec un fruit de 1/50e.

Les autres parements de ces mêmes piles, sont verticaux, ainsi que les parements des tympans.

Le cintre mis en œuvre pour la construction de la grande arche a été constitué de 4 fermes espacées de 1m,633 d'axe en axe ; ces fermes reposaient à leurs extrémités sur les berges rocheuses, et dans leur partie médiane sur 3 pylônes en charpente, d'une quarantaine de mètres de hauteur, assis eux-mêmes sur des soubassements en maçonnerie de 4 mètres de hauteur.

La hauteur de la plateforme du pont est de 62m,25 au-dessus du thalweg du torrent, hauteur sensiblement égale à celle des Tours de Notre-Dame de Paris.

Cette arche comporte une ouverture supérieure à celle de tous les ouvrages similaires en France, et une altitude au-dessus de la vallée plus grande que celle de tous autres ponts en maçonnerie de grande ouverture existant dans le monde entier.

Les fouilles de fondations ont été commencées en mai 1908, et le clavage de la grande arche a été effectué le 31 août 1909.

Le 6 novembre suivant, il a été procédé au décintrement sans que cette opération accuse aucun tassement dans les maçonneries de la voûte.

Les derniers travaux de parachèvement ont été terminés en juillet 1910.

La dépense totale de construction s'est élevée à 353.000 fr.

Le pont de Montanges a été projeté et exécuté sous la direction de M. l'Ingénieur en Chef Ed. Picard avec la collaboration de M. Dor, Agent-voyer en chef du département de l'Ain.

V

VIADUC DE CARONTE

(LIGNE DE MIRAMAS A L'ESTAQUE)

1 photographie.

La ligne à 2 voies de Miramas à l'Estaque, franchit l'étang de Caronte sur un viaduc métallique de 950^{m} de longueur, comprenant 10 travées fixes : 2 de 51^{m},20, 8 de 82^{m},50 et un pont tournant de 114 ^{m} de longueur (en deux volées égales).

Sous les poutres du pont tournant, il y aura une hauteur libre de 23^{m} : il ne devra être ouvert que pour le passage des navires à haute mâture.

Le fond de l'étang est de la vase molle, sur 3^{m}80 à 16^{m}00 d'épaisseur : dessous, de l'argile.

Sauf les deux culées et la pile n° 1, tout a été fondé à l'air comprimé.

La pile n° 6 a été descendue jusqu'à 24^{m}58 sous la mer.

Le caisson de la pile centrale du pont tournant avait une surface de 462^{mq} : il a été monté sur berge, puis échoué.

Tous les autres caissons ont été montés sur plates-formes en charpente.

Le cube total des fouilles exécutées à l'air comprimé, est de 39.000^{m3}.

Les cubes des diverses natures de maçonneries en élévation, ont été de :

Maçonneries de moellons bruts	18.200^{m3}
Maçonneries de parements.....	1.900
Maçonnerie de pierre de taille et de libages.	2.000

La partie Nord du viaduc sera constituée par 2 travées métalliques solidaires ayant ensemble 103^{m} de longueur. La hauteur des poutres sera de 5^{m}42. Ces deux travées seront mises en place par lançage.

Les poutres principales du pont tournant présenteront une hauteur variant de 7^{m}60 à 13^{m}70. Le pont fermé reposera sur la pile, par l'intermédiaire d'un pivot et de deux appareils d'appui munis de coins, sur les culées, par des excentriques à secteurs circulaires.

Au moment de la rotation, le pont décalé simultanément sur la pile et sur les culées, reposera uniquement sur le pivot qui supportera alors une charge totale de 1450 tonnes.

La force motrice sera fournie par deux moteurs à essence de 100 chevaux chacun, dont un de secours, actionnant les transmissions mécaniques qui assureront la rotation, le verrouillage, le calage.

La partie Sud du viaduc sera constituée par 4 tabliers de 165^{m}75 de longueur, comprenant chacun 2 travées solidaires.

La hauteur des poutres est de 9^{m}10.

Ces tabliers, actuellement en montage, seront mis en place par lançage.

Sauf sur le pont tournant, la voie sera établie à la partie supérieure des tabliers.

Le poids total du métal sera de 9.700 tonnes environ, dont 1.500 pour le pont tournant.

Cet ouvrage a été exécuté par la Compagnie P.-L.-M. sous la direction de MM. Geoffroy, Sous-Directeur;

puis SÉJOURNÉ, Ingénieur en Chef du Service de la Construction ; CANAT, Ingénieur en Chef et CHARTIÉE, Ingénieur principal.

Les fondations et maçonneries ont été exécutées par MM. FOUGEROLLES Frères. On a adjugé en 1909, les tabliers et la partie mécanique, à MM. DAYDÉ, SCHNEIDER ET C^ie^ ; ces travaux sont en cours.

VI

PONT SUSPENDU DE LA CASSAGNE.

(LIGNE ÉLECTRIQUE
DE VILLEFRANCHE-DE-CONFLENT A BOURG-MADAME)

1 photographie.

Ce pont, en rampe uniforme de 0m06 par mètre, franchit la Têt à 80 mètres au-dessus du fond de la vallée.

Sa longueur est de 253 mètres, se décomposant ainsi :

Une travée latérale suspendue.	39m
Une grande travée centrale suspendue.....	156m
Une travée latérale suspendue.	39m
Une petite travée fixe en poutre droite.....	19m
Total.....	253m

Les trois piles et les deux culées sont assises sur le roc et construites en granit. Les deux grandes piles intermédiaires encadrant la travée centrale sont surmontées de pylônes métalliques de 29 mètres de hauteur supportant les chariots de dilatation auxquels viennent s'attacher les fermes de suspension.

La caractéristique du système réside dans la forme donnée à ces fermes de suspension, qui est telle que tous les éléments de la triangulation en câbles de fils d'acier restent constamment tendus sous toutes les distributions de la surcharge.

Les tiges de suspension sont articulées à leurs deux extrémités.

Considéré dans son ensemble, le tablier, lui-même, se présente comme une poutre ⌐¬ en tôle, posée de plat, dont l'âme horizontale serait constituée par la tôle d'acier du platelage, les semelles par les deux poutres de rive latérales surmontées des garde-corps du pont, et les nervures transversales par les pièces de pont. Un croisillonnement inférieur destiné à renforcer le contreventement du pont permet aussi de regarder cet ensemble comme un caisson très aplati, présentant ainsi une certaine flexibilité dans le sens vertical, en même temps qu'une très grande rigidité dans le sens transversal pour résister à l'action du vent. Dans l'intérieur de ce caisson se trouvent les deux longerons sous-rails supportant directement la voie.

Le tablier est invariablement fixé par son extrémité la plus basse (Côté Villefranche) sur les maçonneries de la culée. Il passe au-dessus des grandes piles intermédiaires sans s'y appuyer, mais se trouve soutenu cependant, au droit du milieu de ces piles, par des câbles verticaux de suspension qui viennent le rattacher à la partie supérieure des pylônes.

Le tablier est calculé de façon à pouvoir se suffire à lui-même, sans dépassement du taux réglementaire des résistances dans le cas où, sur trois points d'appui quelconques consécutifs, le point d'appui intermédiaire viendrait à faire défaut.

Dans le sens horizontal, le tablier est buté contre les trois piles et la culée qui le supportent.

Les pylônes métalliques qui supportent les chariots de dilatation sont formés, chacun, de 4 arêtiers réunis entr'eux par un système approprié de croisillons, de barres diagonales et de traverses horizontales. Les deux grandes barres diagonales de leurs panneaux transversaux inférieurs sont courbées de façon à laisser aménagé entr'elles un vide de forme ogivale pouvant livrer passage au gabarit transversal

des trains. Chaque pylône est ancré sur sa pile par huit boulons à longue tige, logés dans des tubes.

Les câbles de retenue pénètrent jusqu'au fond des galeries d'ancrage, creusées dans le rocher. Mais, à l'entrée de l'étranglement par lequel se prolonge chacune de ces galeries, les câbles se fixent par des culots d'acier à des tirants d'ancrage dont les extrémités filetées sont arrêtées par des écrous doublés qui viennent reporter les tensions de ces câbles sur des linteaux d'ancrage en acier coulé. Les linteaux en acier coulé s'appuient eux-mêmes, par l'intermédiaire de plaques en tôle d'acier et de feuilles de plomb, sur un appareil en maçonnerie de granit dont la disposition nouvelle est due à M. Nouailhac-Pioch, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le montage du pont s'est fait sans ponts de service ni échafaudages, en se servant d'un câble transporteur aérien d'abord, puis des câbles principaux de la suspension Ordish.

Aux essais la charge d'épreuve a été formée d'un train de 6 voitures automotrices pesant ensemble 192 tonnes (longueur 64^{m}80) ; l'abaissement du tablier sous la charge d'épreuve a été de : 0^{m}148 (flèche calculée 0^{m}156).

La dépense totale s'est élevée à 1.125.767 fr. 85, ce qui pour une superficie de vide franchi de 10.800^{mq}. correspond à un prix de revient par mètre carré, en élévation, de vide franchi à 104 fr.

Les travaux ont été exécutés sous la haute direction de M. Lax, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées ; la conception et la réalisation du système du pont suspendu sont dues au commandant du génie Gisclard.

VII

ÉCHANTILLONS DE RAILS AVEC FENTES

1 vitrine échantillons de rails.

Les voies de chemins de fer contiennent des rails dont les uns sont aptes à fournir un long service et d'autres sont prêts à se rompre dès que certaines circonstances de choc ou de charge se produisent.

Il est très désirable de trouver un caractère extérieur qui permette de reconnaître les rails dangereux. L'étude des fragments des rails rompus en différentes occasions a montré que certains rails, quoique symétriques, se rompent par flexion sans déformation notable, sous de faibles charges, quand la face supérieure ayant supporté le roulement est tendue et ne se rompent par flexion que sous des charges beaucoup plus grandes et après des déformations notables quand la face inférieure est tendue. La proportion de ces résistances peut varier suivant les rails de 1 (rails sains) à 1/2 à 1/8 (rails dangereux). Mais il serait trop coûteux d'enlever les rails de la voie pour les transporter à un atelier d'essai en vue de les vérifier.

On sait depuis les publications de MM. Stead et Ledebur, 1897 et de M. von Dormus (*Zeitschrift des œsterr. Ingenieur und Architekten-Vereines*, 1898) que les rails présentent parfois sur le champignon supérieur des fissures transversales qui forment des amorces de rupture. Ces fissures atteignent des profondeurs qui se comptent en millimètres. On en a relevées qui atteignaient 4 et 8 millimètres. Des éprouvettes de choc portant des entailles de 5 mm. de profondeur se sont brisées, en dehors de l'entaille, au droit de

ces fentes. Au contraire, des rails même assez usés à la surface supérieure qui se comportent bien ne présentent pas de fissures. Ces fissures qui diminuent notablement la résistance des rails au droit des points d'appui sont la cause d'un grand nombre de ruptures dans la voie.

Sur quelques-uns, elles sont visibles sans aucune préparation de la surface du champignon, mais la *plupart du temps*, il faut débarrasser cette surface à la lime, à la meule ou au papier d'émeri d'une couche de métal très écroui, d'une épaisseur de 1/10 de millimètre environ qui masque les fissures et qui paraît avoir subi un écoulement sous la pression des roues. En attaquant ensuite, pendant quelques minutes environ, avec une dissolution faible d'acide chlorhydrique, ou d'acide sulfurique du commerce étendu de 10 fois son volume d'eau, la surface débarrassée de la pellicule supérieure, on aperçoit très nettement les fissures, même très fines.

Si après cette première attaque, on essuie bien la surface et qu'on y laisse séjourner jusqu'à dessication une dissolution de tannin à 3 % environ ou d'acide gallique appliqué au pinceau, ce qui demande aussi 3 à 4 minutes ; on forme dans chaque fente une encre avec l'oxyde. En frottant alors avec un chiffon sec, on rend brillante la surface entre les fissures qui se détachent en noir.

M. Mesnager a proposé d'appliquer ce procédé à l'examen des rails d'une voie en service dans l'intervalle du passage de deux trains.

L'enlèvement de la couche superficielle qui masque les fissures et leur mise en évidence constitue un procédé de recherche des rails dangereux qui paraît pouvoir être appliqué sur les voies en service dans l'intervalle du passage de deux trains, principalement dans les points où des freinages fréquents (bas de pente, voisinage de bifurcations, etc.) exposent plus spécialement les rails à des détériorations par patinage.

CINQUIÈME SECTION

DIVERS

I

NOMOGRAMMES.

1 cadre de dessins.

Ces nomogrammes sont tous des applications de la méthode des points alignés dont M. D'Ocagne a donné le principe en 1884 dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (2e sem., p. 531) et qu'il a développée depuis lors dans son *Traité de Nomographie* (Gauthier-Villars, 1899) et son volume *Calcul graphique et Nomographie* (Doin ; 1908).

Les nomogrammes ici exposés ont été décrits par l'auteur dans les publications suivantes :

1° **Nomogramme pour le calcul des profils de terrassements,** dans les *Leçons sur la Topométrie et la Cubature des terrasses* (Gauthier-Villars; 1904 ; p. 176).

2° **Nomogramme pour le tracé pratique de la chaînette,** dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (Fasc. IV de 1910, p. 114).

3° **Nomogramme pour la résolution des équations du 3e degré,** dans le *Traité de Nomographie,* p. 333, et dans *Calcul graphique et Nomographie,* p. 275. Ce nomogramme est le premier exemple de l'introduction, due à l'auteur, de réseaux de points à deux cotes qui lui ont permis de représsenter directement des équations à plus de 3 variables.

4° **Nomogramme pour la résolution générale des triangles sphériques,** dans le *Traité de Nomographie,* p. 329.

II

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

LES ALPES FRANÇAISES. — LES PYRÉNÉES

2 panneaux de dessins.

L'exposition du Service de la Carte géologique de la France comprend deux grands panneaux coloriés, l'un pour les Alpes françaises, l'autre pour les Pyrénées, tous deux à l'échelle de 1/80.000e.

Le panneau des Alpes françaises réunit 41 feuilles de la Carte géologique détaillée. Les couleurs adoptées sont celles de la Carte géologique générale de l'Europe. On sait que, dans ce mode de coloriage, tous les terrains appartenant à un même système de la classification chronologique, par exemple au système jurassique, sont indiqués par les divers tons d'une même teinte fondamentale. Le houiller, le trias, le jurassique, le crétacé, le tertiaire, le quaternaire, se distinguent ainsi, au premier coup d'œil, les uns des autres. Le travail de coordination et de revision qui était nécessaire pour la préparation de ce grand panneau des Alpes françaises a été la dernière œuvre du regretté Marcel Bertrand. Les disciples et continuateurs de ce maître, MM. Termier et Kilian, y ont pris une part très active.

Le deuxième panneau, composé de 23 feuilles de la Carte géologique détaillée, comprend la totalité des Pyrénées françaises, ainsi que le sud de l'Aquitaine et la plus grande partie de la Montagne-Noire. La coordination des documents, d'origne diverse et de dates très différentes qu'il a fallu

utiliser, a été confiée à M. Léon Bertrand, Professeur-adjoint à l'Université de Paris. Auteur lui-même de plusieurs des feuilles de la région orientale et de la région centrale de la chaîne, M. Léon Bertrand a publié récemment un essai de synthèse stratigraphique et tectonique de l'ensemble de ces deux régions : il était donc mieux qualifié que personne pour diriger une tentative de représentation géologique de toutes les Pyrénées françaises. La légende des terrains, très détaillée et très complète, est son œuvre. Le tracé, sur la carte, des principales lignes de contact anormal, permet de suivre, sans trop de peine, jusqu'à la limite orientale du pays basque, les diverses *nappes* superposées, poussées du sud au nord, qui constituent l'élément le plus intéressant de la chaîne.

SIXIÈME SECTION

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

I

1 vitrine bibliothèque.

I. — ORGANISATION DE L'ÉCOLE.

La création de l'École des Ponts et Chaussées remonte à plus d'un siècle et demi (1). Placée sous l'autorité du Ministère des Travaux publics, elle a pour but de former les élèves ingénieurs appelés à recruter le Corps des Ponts et Chaussées et de donner l'enseignement aux élèves externes qui veulent obtenir le diplôme supérieur que confère cette École.

L'École reçoit, en outre, des élèves étrangers.

Elle est dirigée par un inspecteur général des Ponts et Chaussées de 1re classe qui prend le titre de directeur de l'école.

Un inspecteur général de 2e classe ou un ingénieur en chef est chargé sous son autorité de la direction des études. Il a le titre d'inspecteur de l'école.

Un Conseil de l'École délibère sur toutes les questions qui

---

(1) Voir parmi les documents exposés la *Notice sur l'École Nationale des Ponts et Chaussées.*

concernent l'enseignement, l'appréciation du travail des élèves et les règlements intérieurs.

Enfin un Conseil de perfectionnement se réunit à la fin de chaque session pour arrêter comme jury la liste des prix à décerner aux élèves et discuter les mesures qui lui sont suggérées en vue d'améliorer l'instruction.

Élèves ingénieurs. — Les élèves ingénieurs sont recrutés dans la proportion de 4/5 parmi les élèves classés à leur sortie de l'Ecole Polytechnique, dans le Service des Ponts et Chaussées et de 1/5 parmi les Sous-Ingénieurs et Conducteurs des Ponts et Chaussées comptant au moins 6 années de service effectif et ayant satisfait à un concours d'admission auquel ils ont été autorisés à se présenter.

Le nombre d'élèves ingénieurs admis dans le service des Ponts et Chaussées est de 15 à 20 par année.

Les élèves passent 3 années partagées entre l'enseignement de l'Ecole proprement dit et l'enseignement pratique des missions dans les différents services d'ingénieurs en chef ayant des chantiers de travaux importants.

Les travaux intérieurs de l'École s'effectuent du mois de Novembre au mois de Mai. Les missions embrassent ensuite toute la période du mois de Juin au 15 Octobre.

Élèves externes. — Outre les élèves ingénieurs destinés au service de l'Etat, l'Ecole des Ponts et Chaussées, conformément au décret d'organisation du 18 juillet 1890, reçoit des élèves externes français et étrangers.

Le nombre des élèves externes est de 20 à 25 par année, parmi lesquels 4 ou 5 étrangers.

Ils sont divisés en 3 classes et concourent entre eux pour le classement.

Ceux qui, à la fin de leurs études, ont satisfait aux conditions réglementaires, reçoivent du Ministre des

Travaux publics un diplôme d'ingénieur des Constructions civiles.

Élèves des cours préparatoires. — Pour assurer aux jeunes gens qui voudraient être admis à l'Ecole des Ponts et Chaussées en qualité d'élèves externes, les moyens suffisants de préparation à l'enseignement spécial de l'Ecole, il a été institué des cours préparatoires.

La durée de l'enseignement préparatoire est d'une année ; il a pour but de donner aux élèves un enseignement résumé de celui que reçoivent les élèves ingénieurs pendant les deux années de l'Ecole Polytechnique ; cet enseignement est gratuit. L'admission aux cours préparatoires est prononcée à la suite d'un concours qui est subi devant un jury d'examen désigné par le Ministre des Travaux publics.

Le nombre des élèves des cours préparatoires est de 18 à 25 par année.

Auditeurs libres. — Des auditeurs libres sont admis à suivre les cours oraux de l'Ecole, sur demande faite par écrit au Directeur.

Le nombre des auditeurs libres est par année de 50 à 60 dont 1/3 environ étrangers.

II. NOMENCLATURE
DES DOCUMENTS EXPOSÉS

touchant l'organisation et l'enseignement de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Notice sur l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Programmes de l'Enseignement.

Organisation de l'École Nationale des Ponts et Chaussées (Décret du 18 Juillet 1890 complété).

Rapports annuels au Conseil de Perfectionnement (1906 à 1911).

Cours autographiés.

MM. BLONDEL, *Électricité.*
GUILLEBOT DE NERVILLE, *Électricité.*
DE LAUNAY, *Géologie.*
MESNAGER, *Matériaux de construction.*
RABUT, *Béton armé.*
RABUT, *Mécanique expérimentale des solides.*
RABUT, *Hydraulique.*
HAAG, *Cinématique.*
F. LAUNAY, *Procédés généraux de construction, Souterrains.*
F. LAUNAY, *Procédés généraux de construction, Extraction des roches, Mines, Explosifs.*
MARGUERIE, *Droit administratif.*

Cours imprimés.

BECHMANN, *Hydraulique agricole,* 1 vol.
COLSON, *Économie politique,* 6 vol

MM. Résal, *Emplacement et débouché des ponts en maçonnerie*, 1 vol.
Résal, *Ponts métalliques*, (Tome I).
Résal, *Résistance et stabilité*, 2 vol.
d'Ocagne, *Topométrie*, 1 vol.
Gide, *Économie sociale*, 1 vol.

Annales des Ponts et Chaussées, années 1909 et 1910. 12 vol.

AMM. PROV. DI TORINO
№ 15653
BIBLIOTECA
115234

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE SECTION

Navigation intérieure.

I. Barrages de navigation intérieure :
1. Barrage de Bezons, sur la Seine (système Poirée)..... 5
2. Barrage de la Chaînette, sur l'Yonne..... 6
3. Barrage d'Ablon, sur la Seine..... 6
4. Barrage de Marly, sur la Seine..... 6
5. Barrage de Suresnes, sur la Seine..... 6
6. Barrage de St-Mammès, sur la Seine..... 6
7. Barrage de Port-Villez, sur la Seine..... 6
8. Barrages sur l'Isle (système Thénard)..... 7
9. Barrage de Port-à-l'Anglais, sur la Seine..... 7
10. Barrage d'Ablon, sur la Seine..... 7
11. Barrage de la Mulatière, sur la Saône (système Pasqueau). 7
12. Barrage des déversoirs de la Marne..... 8
13. Barrage de Poses, sur la Seine..... 8
14. Barrage de Boran, sur l'Oise..... 8
II. Barrage de Tuilière, sur la Dordogne..... 10
III. Ascenseur des Fontinettes, sur le canal de Neuffossé 12
IV. Écluses de Gœulzin, sur le canal de la Sensée..... 13
V. Écluses du Canal Saint-Denis..... 15
VI. Ligne navigable de Mons à Paris. Escaut, Canal de St-Quentin et Rivière d'Oise..... 17

DEUXIÈME SECTION

Navigation maritime.

I. Port de Boulogne. Ouvrages en béton armé..... 21
II. Port du Havre. Écluse Bellot-Tancarville 26
III. Port de Saint-Nazaire. Grande forme de radoub..... 30
IV. Port de Bordeaux. Murs de quai du bassin à flot N° 2..... 33
V. Port de Marseille. Bassin de la Madrague..... 36

TROISIÈME SECTION

Voûtes. — Ponts transbordeurs. — Routes.

I. Semi-articulation pour voûtes en béton armé :
Application : à la couverture du bassin du Temple, Canal St-Martin, à Paris et au pont d'Amélie-les-Bains (Pyrénées Orientales)..... 39
II. Pont transbordeur de Nantes..... 41
III. Représentation du profil des routes d'après le procédé du Colonel Vallet :
Application : Carte de la route nationale N° 212 dite des Alpes ; Carte du réseau routier de Dijon à Chatillon..... 44

QUATRIÈME SECTION

Chemins de fer.

I. Viaduc du Viaur (Ligne de Carmaux à Rodez)..... 45
II. Viaduc des Fades (Ligne de St-Éloy à Volvic)..... 49
III. Viaduc de Garabit (Ligne de Marvejols à Neussargues)..... 55
IV. Pont de Montanges (Ligne de Bellegarde à Chézery)..... 57
V. Viaduc de Caronte (Ligne de Miramas à l'Estaque)..... 59
VI. Pont suspendu de La Cassagne (Ligne électrique de Villefranche-de-Conflent à Bourg-Madame)..... 62
VII. Échantillons de rails avec fentes..... 65

CINQUIÈME SECTION

Divers.

I. Nomogrammes..... 67
II. Carte géologique de la France (Les Alpes françaises. — Les Pyrénées)..... 69

SIXIÈME SECTION

École Nationale des Ponts et Chaussées.

I. Organisation de l'Ecole..... 71
II. Nomenclature des documents exposés touchant l'organisation et l'enseignement de l'Ecole..... 74